

[54] Title of the Invention: Piezoelectric resonator

[11] Japanese Patent Laid-Open No.: H3-88407

[43] Opened : April 12, 1991

[21] Application No.: H1-186776

[22] Filing Date : July 19, 1989

[72] Inventor : Jiro Inoue, et al.

[71] Applicant : Murata Seisakusho, Ltd.

[51] Int. Cl. : H03H 9/56, 9/17

[What is claimed is]

1. A piezoelectric resonator of energy entrapping type making use of thickness longitudinal vibration mode,

wherein an earth electrode is formed nearly in the middle in the thickness direction of a piezoelectric substrate, and an input electrode and an output electrode are formed in one principal plane of the piezoelectric substrate, oppositely to this earth electrode.

[Brief Description of the Drawings]

Fig. 1 is a sectional view showing an embodiment of the invention, Fig. 2 is a perspective view showing a manufacturing process of the same, Fig. 3 is a schematic view showing a dispersion curve of electrode part and no-electrode part of the same, Fig. 4 is a sectional view of a prior art, and Fig. 5 (a), (b) are schematic views showing dispersion curves when the Poisson's

THIS PAGE BLANK (USPTO)

ratio of piezoelectric resonator of the same is larger than $1/3$ and smaller.

[Reference Numerals]

- 1 Piezoelectric substrate
- 2 Earth electrode
- 3 Input electrode
- 4 Output electrode
- P Spectrum showing direction of polarization

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑫ 公開特許公報(A) 平3-88407

⑬ Int. Cl.⁹H 03 H 9/56
9/17

識別記号

B

庁内整理番号

8221-5 J
7922-5 J

⑭ 公開 平成3年(1991)4月12日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 圧電共振子

⑯ 特 願 平1-186776

⑰ 出 願 平1(1989)7月19日

⑱ 発 明 者 井 上 二 郎 京都府長岡京市天神2丁目26番10号 株式会社村田製作所
内⑲ 発 明 者 蒲 生 昌 夫 京都府長岡京市天神2丁目26番10号 株式会社村田製作所
内⑳ 発 明 者 中 谷 宏 京都府長岡京市天神2丁目26番10号 株式会社村田製作所
内

㉑ 出 願 人 株式会社村田製作所 京都府長岡京市天神2丁目26番10号

㉒ 代 理 人 弁理士 中野 雅房

発 明 者 村 田 昌 夫

1. 発明の名称

圧電共振子

2. 特許請求の範囲

(1) 厚み縦振動モードを利用したエネルギー閉じ込め型の圧電共振子であって、

圧電基板の厚み方向ほぼ中央にアース電極を形成し、このアース電極と対向させて圧電基板の一方主面に入力電極と出力電極を形成したことを特徴とする圧電共振子。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、厚み縦振動の2倍波を用いたエネルギー閉じ込め型の3端子(二重モード)圧電共振子に関する。

〔背景技術〕

第4図に示すものは、厚み縦振動(以下、TEモードと記す)を用いた従来のエネルギー閉じ込め型の3端子(二重モード)圧電フィルターである。この圧電フィルターにあっては、厚み方向に

分極した圧電基板51の表主面に入力電極53と出力電極54を近接させて配置し、裏主面に入力及び出力電極53、54と対向させてアース電極52を形成してあり、TEモード基本波を用いる構造となっている。なお、第4図の矢印は、分極方向を示している。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、TEモード基本波を用いた圧電フィルターの場合には、エネルギー閉じ込めを実現するためには、圧電基板用材料としてポアソン比が1/3以上のものを用いる必要があった。つまり、TEモード基本波の場合には、第5図(a)(b)に示すように、圧電基板用材料のポアソン比によって分散曲線が変化する。第5図(a)は(実効)ポアソン比が1/3以上の場合のTEモード基本波の分散曲線、第5図(b)は(実効)ポアソン比が1/3以下の場合のTEモード基本波の分散曲線であり、それぞれ縦軸は周波数 f 、横軸は波数 k (右半分は k の実数領域、左半分は k の虚数領域)である。また、それぞれ実線は入出力電極

やアース電極を設けられていない無電極部における分散曲線、破線は表面に電極を形成された電極部における分散曲線であり、電極部では圧電反作用や電極の質量負荷効果のために分散曲線が低周波数側へシフトし、電極部における基本波の遮断周波数 f_{11} が無電極部における基本波の遮断周波数 f_{10} よりも低下している ($f_{11} < f_{10}$)。

第5図(a)に示すように、ポアソン比が $1/3$ 以上の場合には、遮断周波数 f_{11} よりも高い周波数で電極部における波数 k が実数となり、遮断周波数 f_{10} よりも低い周波数では無電極部における波数 k が虚数となるので、 $f_{11} < f < f_{10}$ の範囲の周波数 f においては、電極部で振動の伝搬モードが存在するが、無電極部では振動が伝わらず減衰し、振動エネルギーの電極部近傍における閉じ込めが実現する。

これに対し、ポアソン比が $1/3$ 以下の場合には、第5図(b)に示すように、遮断周波数 f_{11} よりも低い周波数で電極部における波数 k が実数となり、遮断周波数 f_{10} よりも高い周波数では無電

極部における波数 k が虚数となり、しかも $f_{11} < f_{10}$ であるので、この場合には電極部で波数が実数で、且つ無電極部で波数が虚数となる周波数領域は存在せず、振動エネルギーの閉じ込めは不可能である。

したがって、TEモード基本波を用いた圧電フィルターにおいては、エネルギー閉じ込めを実現するためには、PZT系圧電セラミックスのように(実効)ポアソン比が $1/3$ 以上の圧電材料を用いる必要があり、圧電基板として使用可能な材料が限られていた。このため、温度特性の良好な圧電材料、 Q の高い材料、低損失材料、減衰量の大きな材料など圧電基板用材料として好ましいものがあったとしても、ポアソン比が $1/3$ 以下の場合には使用できず、十分な特性のフィルター等を得難かった。

また、第4図のような構造の圧電フィルターの使用周波数を大きくするには、素子厚みを薄くすればよいが、高周波域で使用できるようにすると、素子厚みが薄くなり過ぎ、製造工程における

-3-

-4-

加工や取り扱いが困難になるという問題があった。このため、使用周波数に限界があった。

しかして、本発明は叙上の従来例の欠点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところはTEモード2倍波の振動を利用可能な構造を備えたエネルギー閉じ込め型の3端子圧電共振子を提供し、それによって上記従来例の欠点を解消することにある。

[課題を解決するための手段]

このため、本発明の圧電共振子は、厚み縦振動モードを利用したエネルギー閉じ込め型の圧電共振子であって、圧電基板の厚み方向ほぼ中央にアース電極を形成し、このアース電極と対向させて圧電基板の一方主面に入力電極と出力電極を形成したことを特徴としている。

[作用]

本発明にあっては、圧電基板のほぼ中央にアース電極を形成し、一方の主面に入力電極と出力電極を形成したので、入出力電極とアース電極の距離が素子厚みの $1/2$ となり、3端子圧電共振子に

おいてTEモード2倍波の振動を励振することができるようになった。

TEモード基本波の場合には、エネルギー閉じ込めを実現する条件として、ポアソン比が $1/3$ 以上の圧電材料を用いる必要があったが、TEモードの2倍波振動を利用すれば、このような制限を受けない。したがって、ポアソン比が $1/3$ 以下であるために従来使用することのできなかつた圧電基板用材料も使用可能になり、従来より広い範囲の圧電材料の中から圧電基板用材料を選択できるようになる。このため、これまで用いられている材料よりも例えば Q が高く、温度特性のよい圧電基板用材料を用いることができ、より温度特性が良好で、低損失かつ減衰量の大きな3端子圧電共振子を製造できるようになる。

また、2倍波モードを用いれば、素子厚みを薄くすることなく使用周波数を2倍にできるので、基板強度が増し、高周波用の3端子圧電共振子の製造や加工等が容易になる。

さらに、本発明にあっては、圧電基板の内部に

-5-

-6-

アース電極を設け、一方の主面に入出力電極を設けたので、圧電基板の入出力電極等のない他方主面に周波数調整用の蒸着膜等を設けることができ、共振子の共振周波数の調整を容易に行うことができる。また、圧電基板の入出力電極のない主面とアース電極との間の部分が質量負荷となるので、エネルギー閉じ込めも効果的に行うことができる。

[実施例]

以下、本発明の実施例を添付図に基づいて詳述する。

第1図は、本発明の一実施例の圧電共振子を示している。圧電性セラミックスの焼成品である圧電基板1は、全体にわたって厚み方向に分極処理を施されており（分極方向を矢印Pで示す）、電極へ信号を印加することにより厚み縦振動を励振されるようになっている。圧電基板1の内部の厚み方向中央層には、アース電極2が形成されており、圧電基板1の表主面にはアース電極2と対向させて入力電極3と出力電極4が互いに分離して

-7-

同様に第3図のような分散曲線で表される。したがって、TEモード2倍波の場合には、電極部における2倍波の遮断周波数 f_{22} と無電極部における2倍波の遮断周波数 f_{20} の間の周波数 f ($f_{22} < f < f_{20}$)では、電極部において波数 k が実数となり、無電極部において波数 k が虚数となり、ボアソン比の値に拘らず振動エネルギーの閉じ込めが実現される。よって、従来用いることのできなかったボアソン比が1/3以下の圧電材料（例えば、 PbTiO_3 、 LiTaO_3 、 LiNbO_3 、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 等）を用いることができるようになり、多くの材料の中から用途に適したものを選択することができ、例えばQの高い材料や温度特性の良好な材料を用いることができるようになり、圧電共振子の温度特性の向上を図ることができる。また、より低損失の圧電材料や、阻止帯域における減衰量を大きくできるような圧電材料を選択することができる。

しかも、2倍波を用いれば、素子厚みが同じであれば2倍の共振周波数を持つ圧電共振子を製作でき、また同じ共振周波数であれば素子厚みを2

-9-

設けられている。この圧電共振子はエネルギー閉じ込め型共振子であるので、アース電極2及び入出力電極3、4は、圧電基板1の主面よりも小さな面積を有し、圧電基板1の端縁にまで至らないように設けられている（第2図参照）。また、アース電極2と対向している入出力電極3、4は、互いに同じ電極面積を有し、対称的に配置されているので、対称モードと反対称モードの振動が励振される二重モード共振子となっている。さらに、圧電基板1の素子厚みの中央層にアース電極2を形成してあるので、基本波の1/2の波長を有する2倍波振動を励振する。

このようなTEモードの2倍波に対する分散曲線の概略を第3図に示す。縦軸は周波数 f 、横軸は波数 k （横軸の右半分は実数領域、左半分は虚数領域）であり、実線Iは圧電共振子の電極の設けられていない領域での分散曲線、破線IIは電極の設けられている領域での分散曲線である。TEモード2倍波では、TEモード基本波と異なり、ボアソン比が1/3以下の場合も1/3以上の場合も

-8-

倍にできるので、高周波用の圧電共振子を容易に実現できると共に、その製造工程においても加工中の割れや欠けなどが生じにくく、またグリーンシートの取り扱いも容易になるなど、製造を容易に行える。

さらに、圧電基板1の下主面には入出力電極3、4等の電極が設けられていないので、この下主面には周波数調整用の蒸着膜や導電ペーストを印刷・焼付けした導電膜等を設けることができ、このような蒸着膜等を下主面に付加し、あるいはその後除去することにより、容易に周波数調整を行うことができる。また、アース電極よりも下主面側の部分が質量負荷として働くので、遮断周波数 f_{22} がより低くなり、電極部分におけるエネルギー閉じ込めを効果的に行うことができる。第2図には、上記圧電共振子の製造方法の一例を示してある。まず、通常のドクターブレード法等によって成形された圧電セラミックスの2枚のグリーンシート5、6のうち、一方のグリーンシート5の上面に電極ペースト7を印刷して入力電極

-10-

3及び出力電極4となる電極パターン3a、4aを形成し、他方のグリーンシート6の上面にアース電極2となる電極パターン2aを形成する。この後、各電極パターン2a、3a、4aの位置を合わせてグリーンシート5、6を第2図の状態のまま積層し、圧着させ、焼成し、さらに分極処理を施して素子厚み方向に全体を分極させ、圧電共振子を製作する。

第1図では、入出力電極の設けられていない主面とアース電極の間の部分も、入出力電極とアース電極の間の部分と同じ向きに分極処理を施されているが、入出力電極の設けられていない主面とアース電極の間の部分は、入出力電極とアース電極の間の部分と逆向きに分極処理を施してもよい。また、入出力電極の設けられていない主面とアース電極の間の部分は、分極処理を施していなくても差し支えない。

なお、上記の圧電共振子はエレメント状態のものであり、電子部品として用いられる場合には、両面に保護基板を貼り合わせて両端に外部電極を

-11-

数を大きくでき、高周波用共振子の製造を容易にできる。しかも、本発明によれば、圧電基板の片面には入出力電極等が設けられていないので、この面に周波数調整用の蒸着膜等を設けることができ、共振子の共振周波数等の調整も簡単に行える。また、圧電基板の入出力電極等の設けられていない側の部分が質量負荷となるので、電極部分におけるエネルギー閉じ込めを効果的に行うことができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例を示す断面図、第2図は同上の製造過程を示す斜視図、第3図は同上の電極部及び無電極部の分散曲線を示す概略図、第4図は従来例の断面図、第5図(a)(b)は同上の圧電共振子のボアソン比が1/3よりも大きい場合と小さい場合のそれぞれの分散曲線を示す概略図である。

- 1…圧電基板
- 2…アース電極
- 3…入力電極

-13-

形成したチップ型部品としたり、リード端子を取り付けて外装樹脂により外装されたりするものである。また、第1図では、入出力電極やアース電極に外部結線を施したように表してあるが、外部電極との接続をとるための引き出し電極やリード端子を半田付けするための電極部は、圧電基板の表面に入出力電極等と一体に形成されるのが、一般的である。さらに、上記実施例では、電極パターンは、電極ペーストの印刷によって形成したが、スパッタリングや真空蒸着等の方法で形成してもよい。

[発明の効果]

本発明によれば、TEモード2倍波を用いたエネルギー閉じ込め型の3端子圧電共振子を製作することができるようになった。このため、圧電基板用材料としてボアソン比が1/3以下のものを用いることができ、より多くの材料の中から用途に適したものを選択でき、3端子圧電共振子の温度特性の向上、低損失化、減衰量の増大等を図ることができる。また、3端子圧電共振子の限界周波

-12-

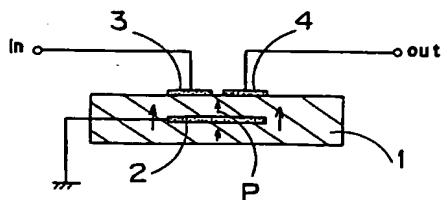
4…出力電極

P…分極方向を表すベクトル

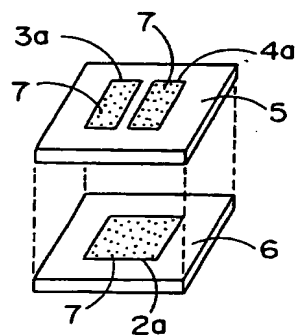
特許出願人 株式会社 村田製作所
代理人 弁理士 中 野 雅 房

- 1...圧電基板
2...アース電極
3...入力電極
4...出力電極
P...分極方向を表すベクトル

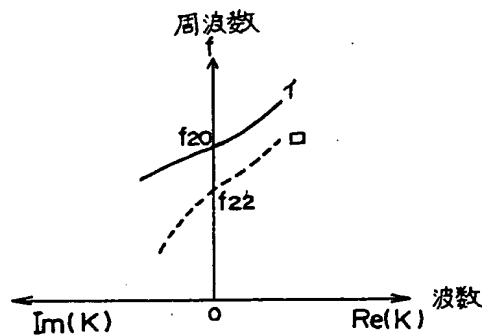
第 1 図



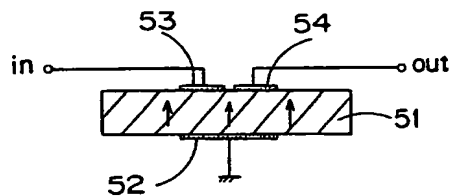
第 2 図



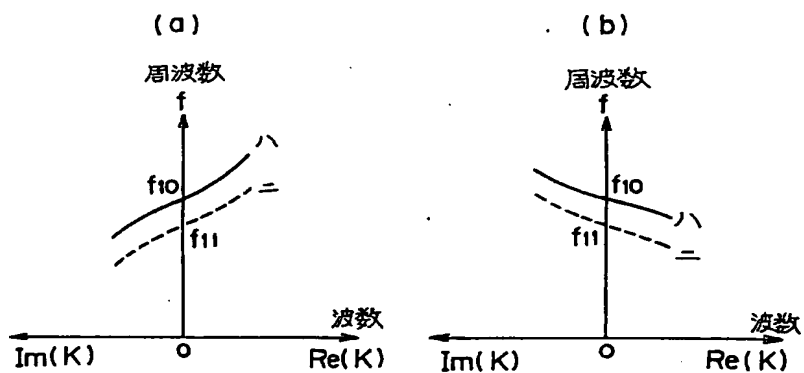
第 3 図



第 4 図



第 5 図



THIS PAGE BLANK (USPTO)